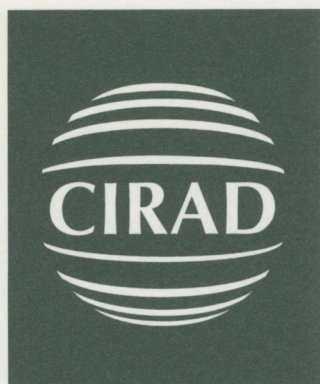


CIRAD-Forêt
45bis, avenue de la Belle GABRIELLE
94736 Nogent-sur-Marne



RAPPORT DE MISSION

AUPRES DE I.C.S.B.

Tawau, Malaisie

du 30.10.1993 au 10.11.1993

Philippe VIGNERON



CIRAD-Forêt
45bis, avenue de la Belle GABRIELLE
94736 Nogent-sur-Marne

RAPPORT DE MISSION

AUPRES DE I.C.S.B.

Tawau, Malaisie

du 30.10.1993 au 10.11.1993

Philippe VIGNERON

Les idées et remarques exprimées ici sont le fruit de nombreuses et longues discussions engagées avec l'ensemble des chercheurs rencontrés. Nous n'en revendiquons donc pas la paternité mais en assumons la responsabilité. Certaines réflexions quant aux orientations à prendre sont personnelles et pourront être discutées. Ce rapport est rédigé en ce sens.

SOMMAIRE

1. DEROULEMENT DE LA MISSION	3
2. PERSONNES RENCONTREES	4
3. I.C.S.B., PRESENTATION	5
4. CADRE PHYSIQUE ET INSTITUTIONNEL	8
5. LE P.I.S.P.	11
5.1 Les rotins	11
5.1.1. Parcelles de comportement	11
5.1.2. Amélioration génétique	12
a. Récoltes de graines	12
b. Etablissement des collections	13
c. Evaluation des collections	14
d. Schéma d'amélioration	14
e. Sortie variétale	15
f. Sexage	15
g. Production de graines et pollinisation contrôlée	17
h. Critères de sélection	17
5.1.3. Sylviculture	18
a. Production de plants	18
b. Ouverture des terrains	19
c. Densité de plantation	19
d. Tables de production	19
e. Techniques d'exploitation	20
5.1.4. Conclusions	20
5.2 Les arbres	21
5.2.1. Essences de bois d'oeuvre	21
5.2.2. Essences à croissance rapide	23
a. Production de graines	23
b. Multiplication végétative	24
c. Etude sur les hybrides d'acacias	25
d. Eucalyptus	26
5.3 Conclusions sur le P.I.S.P.	26

6. LE PLANT BIOTECHNOLOGY LABORATORY (P.B. Lab.)	27
6.1 Les rotins	27
6.2 Les arbres	28
6.3 Analyse de la variabilité génétique des rotins	29
7. DIVERS	29
7.1 Sabah Softwoods Sdn Bhd	29
7.2 Sabah Forest Industry (Sipitang)	30
8. CONCLUSION GENERALE	31

1. DEROULEMENT DE LA MISSION

Samedi 30.10

Manille ---> Kota Kinabalu ---> Tawau par avion avec O. SOUVANNAVONG et A. THOMSEN (F.A.O.).

Visite du Plant Biotechnology Laboratory.

Dimanche 31.10

Départ pour Luasong F.C. avec M. CHAUVIERE, O. MONTEUUIS, O. SOUVANNAVONG et A. THOMSEN.

Rencontre de MM. AWANG MODHAR HAMZANI, C. GARCIA, D. ALLOYSIUS et D. VALLAURI.

Visite des premiers essais "Rotins", de la pépinière, des essais "Arbres" et des vergers à graines.

Nuit à Luasong.

Lundi 1.11

Luasong ---> Brumas.

Visite des essais de Sabah Softwoods avec Mr. Edward CHIA.

Brumas ---> Tawau.

Mardi 2.11

Départ de O. SOUVANNAVONG et A. THOMSEN.

Discussion courte avec M.C. BON sur électrophorèse Rotins.

Tawau ---> Luasong avec M. CHAUVIERE.

Visite des essais Rotins et discussion sur le programme avec D. ALLOYSIUS et M. CHAUVIERE.

Nuit à Luasong.

Mercredi 3.11

Visite des essais "Arbres" et discussion sur le programme avec C. GARCIA et M. CHAUVIERE.

Retour sur Tawau.

Jeudi 4.11

Tawau ---> Kota Kinabalu ---> Sabah Forest Industry avec M. CHAUVIERE et O. MONTEUUIS.

Rencontre et discussion avec MM. A. JINGULAM et SIM BOOM LIANG.

Vendredi 5.11

Visite des essais de la S.F.I. avec Mr. Khamis SELAMAT.

Le soir retour sur Kota Kinabalu.

Samedi 6.11

Kota Kinabalu ---> Tawau.
Travail à l'hôtel.

Dimanche 7.11

Sortie à Semporna avec Mr. et Mme MONTEUUIS.

Lundi 8.11

Au Plant Biotechnology Laboratory : Point sur les travaux électrophorèse avec M.C. BON.

Aux bureaux ICSB : Point sur les programmes P.I.S.P. avec M. CHAUVIERE puis C. GARCIA.

Mardi 9.11

Au Plant Biotechnology Laboratory : Point sur les activités de C.I.V. avec O. MONTEUUIS, M. CHAUVIERE et M.C. BON.

Après midi : Départ Tawau ---> Kota Kinabalu ---> Hong Kong ---> Paris.

Mercredi 10.11

Arrivée à Paris.

2. PERSONNES RENCONTREES

Innoprise Corporation Sdn Bhd

Mr. CHAN HING HON

Assistant du Directeur Général CYRIL PINSO

Mr. AWANG MOHDAR HAMZANI

Project Manager Luasong, Responsable direct du P.I.S.P. et du Plant Biotechnology Laboratory

Mr. DALAHAN BUDUK

Regional Manager de INNOPRISE Tawau

Mr. Charles GARCIA

Senior Forest Officer, Coleader avec M. CHAUVIERE du P.I.S.P., Programme "Arbres"

Mr. David ALLOYSIUS

Senior Forest Officer, P.I.S.P., Programme "Rotin"

Mr. Daniel VALLAURI

Junior Forest Officer, P.I.S.P., Coopérant du Service National, CIRAD-Forêt

Mr. Marc CHAUVIERE

Senior Forest Officer, Coleader avec C. GARCIA du P.I.S.P., CIRAD-Forêt

Mr. Olivier MONTEUUIS

Senior Forest Officer, Responsable du Plant Biotechnology Laboratory, CIRAD-Forêt

Mme Marie-Claude BON-MONTEUUIS

Contractuelle au Plant Biotechnology Laboratory

N'ont pu être rencontrés à Innoprise

Mr. Cyril PINSO

Directeur Général de la Division Forestière de INNOPRISE à Kota Kinabalu

Mr. WAHAP LATIP

Junior Forest Officer, P.I.S.P., Luasong

Mr. Jinil MALAJI

Senior Forest Officer, Plant Biotechnology Laboratory, démissionnaire

Sabah Softwoods Sdn Bhd

Mr. Edward N.F. CHIA

Research Manager, Brumas

Sabah Forest Industry Sdn Bhd

Mr. Alfred JINGULAM

Manager, Forest and Timber Division

Mr. SIM BOON LIANG

Research and Development Manager, sous la responsabilité directe de A. JINGULAM

Mr. Khamis SELAMAT

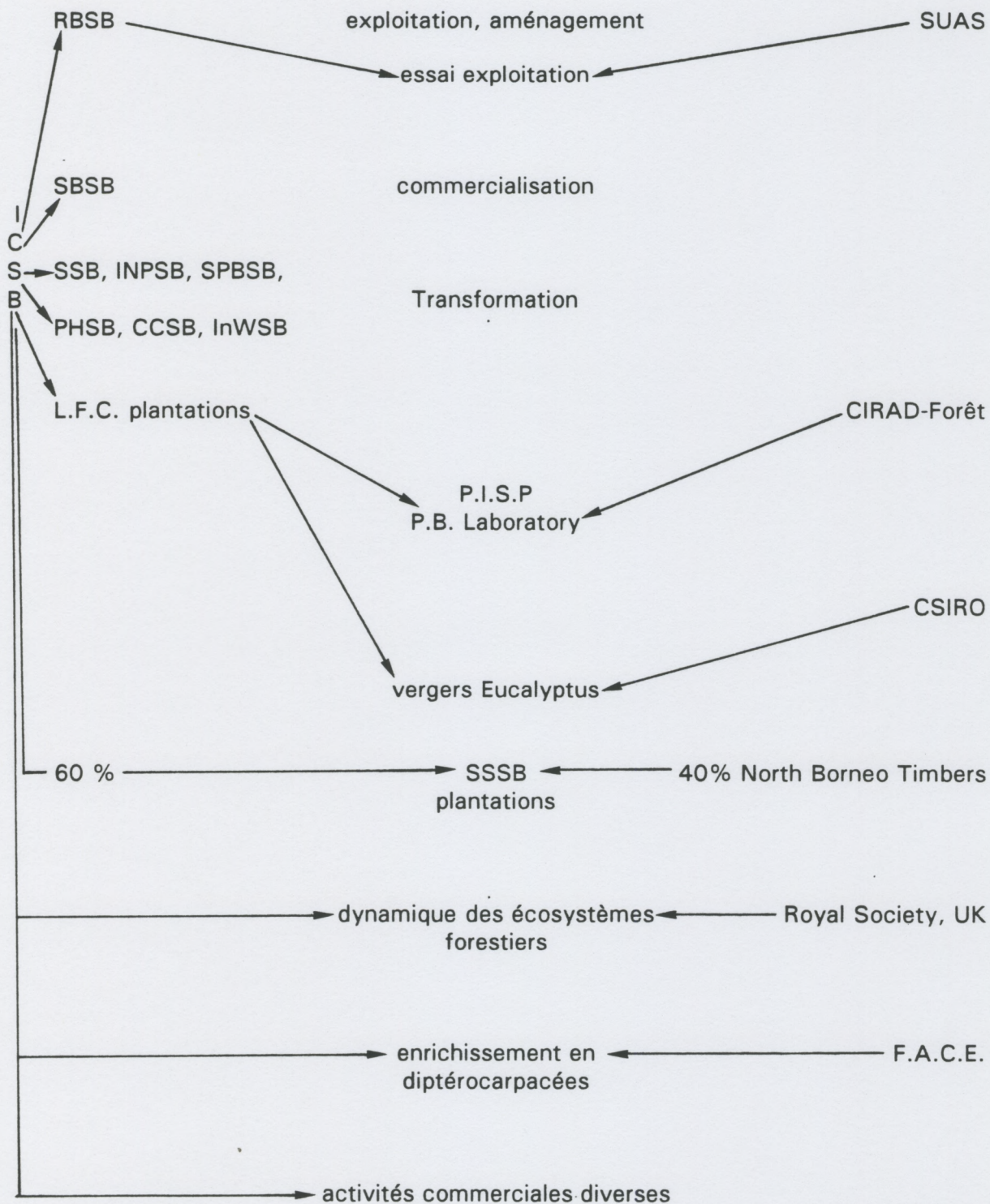
Senior Forest Officer, Tree Improvement and Silviculture, sous la responsabilité directe de S.B. LIANG

3. I.C.S.B., PRESENTATION

Innoprise Corporation Sdn Bhd (Limited Company), ICSB, a été créé en 1988 pour gérer les activités commerciales de YAYASAN SABAH (Sabah Foundation), Société d'état créée en 1966, chargée du développement du Sabah dans le domaine de l'éducation, du bien-être et de la santé.

RAKYAT BERJAYA Sdn Bhd (RBSB) est la filiale de ICSB responsable de l'exploitation forestière et de l'aménagement des 972.804 ha de la concession de YAYASAN SABAH.

SABAH BERJAYA Sdn Bhd (SBSB) est la filiale responsable de la commercialisation des bois.



4. CADRE PHYSIQUE ET INSTITUTIONNEL

YAYASAN SABAH a reçu en concession un total de 972.804 ha soit environ 1/7 de la surface totale du Sabah. Cette concession, d'un seul tenant, est située dans la moitié Sud-Est de l'état dans une zone de collines et moyenne montagne au relief assez tourmenté.

La concession, gérée depuis 1988 par ICSB, a été mise en exploitation pour subvenir aux besoins financiers de YAYASAN SABAH.

Quelques chiffres permettent d'avoir une idée assez précise du régime d'exploitation :

- 2 millions de m³ : c'est la production annuelle de grumes (il est prévu de la diviser par 2 à partir de 1996) ;
- 60 cm de diamètre minimum requis pour l'exploitation ;
- 70 m³ à 100 m³/ha : volume exploité à l'ha ;
- 60 ans : longueur de la rotation prévue (régime monocyclique) ;
- 20 à 23.000 ha : assiette annuelle de coupe ;
- 80 espèces coupées.

Dans une coupe typique, environ 30 à 40 % des tiges sont classés dans le groupe des Red Seraya (diverses espèces de Shorea), 20 à 30 % reçoivent l'appellation commerciale de White Seraya (divers Parashorea) et 10 % dans chacune des appellations Kapur (*Dryobalanops sp.*), Kerning (*Dipterocarpus sp.*) et Selangan batu (divers Shorea). Les 10 ou 20 % restants ne sont pas des diptérocarpacées et sont dénommés "espèces diverses".

Les coupes sont réalisées par des exploitants privés bénéficiant d'un contrat de 3 ans.

Environ 80 % de la concession de YAYASAN SABAH rentre dans le cadre de cet aménagement. Le reste est constitué de zones de conservation (Danum Valley Conservation Area et Malian Bassin Conservation Area) pour 8,5 %, de réserves intégrales (Virgin Jungle Reserves) 0,2 %, de bordures de rivières, routes et systèmes hydrographiques.

Le Luasong Forestry Centre, créé en 1987 à Luasong, a pour objectif principal d'enrichir une zone de 40.000 ha en rotins et espèces de bois d'oeuvre. Ces terrains font partie intégrante des 80 % soumis à l'aménagement. La législation forestière y interdit l'ouverture en plein et seules des plantations en layon sont envisageables. Les plantations d'essences à croissance rapide ne peuvent avoir leur place au sein du L.F.C.

A ce jour, 7.000 ha de rotins et 700 ha d'acajous divers ont été mis en place en forêt exploitée. Le rythme annuel de plantation est de 2 à 3.000 ha de rotins. Les plantations d'essences de bois d'oeuvre sont actuellement stoppées en raison de la présence de borers.

C'est dans le cadre de ces plantations que travaillent le P.I.S.P. et le P.B. Laboratory.

Le P.I.S.P. Plant Improvement and Seed Production :

- Fin 1988, les premiers contacts et une mission d'identification ont été effectués par P.Y. DURAND (Bureau Régional de Représentation du CTFT à Singapour). L'assistance demandée par ICSB concerne l'amélioration génétique des rotins et d'essences de bois nobles ainsi que la production de semences sélectionnées de ces espèces.
- Mars 1989, une mission de O. SOUVANNAVONG permet de préciser les programmes de recherches et de préparer le plan de travail en concertation avec ICSB.
- Mi 1989, préparation d'un accord-cadre puis d'un accord complémentaire pour le projet en question.
- Juin 1989, signature du Principal Memorandum of Understanding (P.M.O.U. protocole d'accord) entre ICSB et CTFT-CIRAD pour une durée de trois ans. Départ de R. NASI, CTFT, et M. FRIOU, VSN, à Tawau.
- Juillet 1992, signature d'un deuxième Principal Memorandum of Understanding (P.M.O.U. 2) reconduisant l'accord précédant pour une nouvelle période de cinq ans.
- Début 1993, départ de M. CHAUVIERE à Tawau en remplacement de R. NASI.

Le programme de travail décidé pour la première phase de trois ans comportait les opérations suivantes :

- Amélioration des Rotins : sélection de rotins "plus" et établissement d'essais de descendances, test d'espèces nouvelles, prospection dans l'aire naturelle et établissement d'essais provenances/descendances.
- Amélioration d'essences de bois nobles : essais spécifiques, amélioration des *Swietenia spp.*, des *Araucaria*, *Cedrela*, *Khaya spp.*, multiplication végétative de certaines d'entre elles...
- Production de graines de rotins et d'Acacia divers.

Au moment de la signature du PMOU.2, en juillet 1992, de nombreux travaux étaient toujours en cours et le "plan of operations" de cette deuxième phase reprend pour une bonne part celui établi en 1989, tout en introduisant de nouveaux champs d'activité.

Le plan d'opération se divise en programmes principaux, programmes et sous-programmes tel que présenté ci-après.

MP1 : Rotins

- MP1.1 Amélioration génétique et production de graines
 - MP1.1A Essais provenances/descendances
 - MP1.1B Etudes phénologiques
- MP1.2 Sylviculture
 - MP1.2A Tables de production et croissance
 - MP1.2B Techniques de récolte
 - MP1.2C Phytopathologie

MP2 : Essences de bois d'oeuvre

MP2.1 Sélection d'espèces

MP2.2 Espèces prioritaires

MP2.2A Essais provenances/descendances

MP2.2B Multiplication végétative

MP3 : Essences à croissance rapide

MP3.1 Amélioration génétique des *Acacia spp.*

MP3.1A Essais provenances/descendances

MP3.1B Multiplication végétative

MP3.1C Identification du matériel végétal, hybridation

MP3.2 Amélioration génétique d'*Octomeles sp.*

MP3.2A Essais provenances/descendances

MP3.2B Multiplication végétative

MP3.2C Tests clonaux

Le Plant Biotechnology Laboratory

En avril 1991, ICSB et CIRAD-Forêt ont signé un Supplementary Memorandum of Understanding (SMOU) pour un projet de laboratoire de culture *in vitro*.

La période d'avril 1991 à avril 1992 a été consacrée à l'installation du laboratoire sous la supervision d'Olivier MONTEUUIS tandis que l'homologue Sabahan complétait sa formation par un stage en France.

Les premiers travaux de C.I.V. n'ont réellement débuté qu'il y a 1 an. Les objectifs fixés par le Second Supplementary Memorandum of Understanding (SMOU.2) incluent des techniques de C.I.V. et d'électrophorèse enzymatique.

Le P.B. Lab est un outil au service des travaux d'amélioration conduits par le L.F.C. dans le cadre du P.I.S.P. Ses travaux sont donc en prise directe avec les préoccupations du L.F.C.

Le plan de travail prévu par le SMOU.2 intègre donc des travaux sur :

- les rotins :
 - . multiplication végétative de *Calamus manan* et *Calamus merrillii*
 - . analyse de la diversité génétique de diverses espèces.
- les arbres :
 - . multiplication végétative de *Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis*, *Acacia mangium* et éventuellement d'autres espèces d'*Acacia* et des *Araucaria*.
 - . par électrophorèse enzymatique : étude de la diversité génétique, identification et certification, analyses des régimes de reproduction ...

5. LE P.I.S.P.

5.1 Les rotins

Les travaux de recherche sont conduits sur cinq espèces :

- des espèces à petites cannes : *Calamus trachycoleus* (irit) et *C. caesius* (rotan sega),
- des espèces à grosses cannes : *Calamus manan* (rotan manau), *C. subinermis* (rotan batu) et, plus récemment, *C. merrillii* (rotan palassan).

5.1.1. Parcelles de comportement

Quelques parcelles de comportement ont été visitées. Ces parcelles sont destinées à réaliser toutes les observations de base qui seront nécessaires aux programmes sylviculture et amélioration. La culture des rotins est récente et il existe peu de données sur la croissance, le développement, le sex-ratio etc...

Calamus trachycoleus

C'est une espèce à petites tiges multiples. La plantation a été réalisée en mars 1989 et les plants sont donc âgés de plus de quatre ans et demi.

Les 99 plants du plateau ont été mesurés d'abord tous les deux mois puis tous les quatre mois. La longueur de chaque tige est mesurée. Ce travail prend une dizaine de jours à chaque fois en raison de la multiplicité des tiges, de la difficulté de les retrouver dans le sous-bois et des problèmes de manipulations (tous ces rotins sont recouverts d'épines très nombreuses et acérées). Les principaux résultats communiqués par D. ALLOYSIUS sont les suivants :

- nombre moyen de tiges par plants : 8,7 mais cela peut aller jusqu'à 25 ;
- longueur totale moyenne de canne par plant : 35 mètres ;
- longueur moyenne du brin principal : 17 m, soit 50% du total ;
- accroissement total annuel moyen : 8 m.

Calamus caesius

C'est aussi une espèce à petites tiges. Les plants sont âgés de 3,75 ans. Le plateau comporte 100 plants. Les résultats sont les suivants :

- nombre moyen de tiges par plant : 9,75 mais jusqu'à 30 ;
- longueur totale moyenne de canne par plant : 40,66 m ;
- longueur maximale d'une tige : 19,10 m ;
- accroissement total annuel moyen par plant : 12,44 m.

Des parcelles de *Calamus subinermis* et de *C. manan* ont aussi été visitées.

Ces parcelles sont le lieu privilégié de l'observation "in vivo" des différentes espèces de rotin. Ces données serviront à établir les premières courbes de croissance, à déterminer grossièrement la durée des révolutions, à estimer les productions etc...

Les observations telles qu'elles sont réalisées sont très lourdes et donc coûteuses en temps et en argent. Le rythme de mensuration est passé de 2 à 4 mois. Il semble possible de l'alléger encore significativement. Les données déjà récoltées donnent une idée assez précise de la croissance initiale. Des données annuelles semblent maintenant suffisantes pour établir des courbes de croissance précises. L'analyse de la périodicité intra annuelle de croissance (s'il existe des périodes de faible croissance) peut être réalisée sur un échantillon d'une dizaine de plants par plateau. Ces plants peuvent être choisis de manière à représenter correctement la variabilité observée dans la centaine d'individus constituant le plateau. En résumé :

- mesure annuelle sur les 100 plants, toujours à la même période et dans le même ordre de manière à tenir compte des 10 jours nécessaires (ce qui peut faire une vingtaine de centimètres par plant) ;
- mesure bimestrielle ou mensuelle de 10 ou même 5 plants sur 100.

Le temps ainsi épargné peut être en partie utilisé pour réaliser des observations plus fines sur un nombre limité d'individus : système racinaire, ramification (pour *C. trachycoleus*), recherche de caractères de sélection etc...

5.1.2. Amélioration génétique

Le programme d'amélioration génétique des rotins est conduit par D. ALLOYSIUS en collaboration avec M. CHAUVIERE.

a. Récoltes de graines

La première opération a consisté (et consiste encore) à réunir une collection la plus large possible de génotypes. Les récoltes de graines ont été faites tant en forêt qu'en plantation. Ces récoltes sont lourdes et coûteuses mais constituent un préalable nécessaire à tout projet d'amélioration.

Les difficultés d'approches en forêt, les réticences des populations locales, qui exploitent elles mêmes les cannes, à indiquer l'emplacement des rotins, l'absence préalable de renseignement sur l'état des fructifications ne permettent pas bien souvent de réaliser des campagnes de collectes importantes. A titre d'exemple, la dernière expédition en Malaisie péninsulaire en mai 1993 n'aura permis la collecte que de 5 descendances en forêt naturelle et de 2 descendances en plantation.

Le nombre total de lots récoltés (descendances séparées ou mélanges) est à ce jour de :

- *C. caesius* : 7 naturelles, 104 en plantations et 11 mélanges ;
- *C. trachycoleus* : 31 de plantations ;
- *C. subinermis* : 54 nat., 34 plant. et 13 mél. ;
- *C. manan* : 12 nat., 105 plant. et 6 mél.

Si l'effort déjà consenti à la collecte est important, il convient de souligner ici la nécessité qu'il y a de disposer d'une base génétique la plus large possible pour conduire un programme d'amélioration. La variabilité génétique réunie nous semble encore largement insuffisante (sauf peut-être pour *C. subinermis*) et l'introduction de matériel végétal devrait à notre sens constituer le souci numéro 1 du programme. La plupart des descendances sont issues de plantations dont l'origine et surtout le degré d'apparentement des individus sont inconnus. Le progrès génétique risque d'être très rapidement insignifiant. La consanguinité peut devenir très importante et rendra toute sélection inopérante.

La constitution d'une collection minimale (dont la taille est impossible à chiffrer mais qui devrait comprendre une centaine de descendances issues de l'ensemble de l'aire naturelle) peut s'avérer très longue. Les besoins en graines "améliorées" sont cependant immédiats et il n'est donc pas question d'attendre pour démarrer un programme d'amélioration. Il faut simplement garder à l'esprit que du matériel végétal beaucoup plus performant que celui connu actuellement peut vraisemblablement être collecté dans l'aire naturelle. Le programme d'amélioration doit donc demeurer suffisamment souple pour intégrer ce nouveau matériel le plus facilement et le plus rapidement possible. L'accent doit être mis de préférence sur la sortie variétale. Les schémas de sortie peuvent être relativement sophistiqués, ils ne durent que le temps de "vie" de la variété. L'amélioration des performances moyennes des populations ne pourra être envisagée que lorsqu'une variabilité génétique suffisante sera disponible.

b. Etablissement des collections

Les graines de rotin se conservant très mal, les semis sont réalisés rapidement. Les plants sont ensuite mis en place dès qu'ils atteignent le stade propice (entre 6 et 11 mois). Cette façon de procéder, actuellement incontournable, ne permet pas la mise en place de véritables essais de provenances. Seules les descendances issues d'une même récolte peuvent être réellement comparées. Le schéma suivi est alors le suivant :

1. récolte et mise en place des collections ;
2. récolte de graines dans les collections quand l'essentiel des provenances fructifieront ;
3. mise en place de véritables essais comparatifs de provenances-descendances.

Les récoltes préliminaires sont donc mise en place dans le périmètre de Luasong en parcelles conservatoires. Ces parcelles constituent des essais comparatifs de descendances. Le dispositif expérimental adopté est le monoarbre (qu'il est peut-être préférable d'appeler ici monoindividu). Le nombre de répétitions est fonction du nombre de plants disponibles (en général de 20 à 50).

Les collections occupent actuellement 14 hectares. 10 hectares supplémentaires seront implantés dans un très proche avenir (plants en pépinière).

En outre, une collection de 19 espèces supplémentaires, pour l'instant à titre purement prospectif, est en cours de constitution.

c. Evaluation des collections

Ces premières collections sont en cours d'évaluation. La variabilité génétique intra spécifique est probablement relativement faible vu le petit nombre de descendances naturelles testées (sauf peut-être pour *C. subinermis*). Les descendances récoltées en plantation sont d'origine généralement inconnue et il y a tout à parier qu'elles sont issues d'un nombre très limité d'individus.

Ces collections ne permettent pas l'estimation de la variabilité inter-provenances. Seule la variabilité intra et inter-descendance peut être mesurée. Le dispositif monoarbre, probablement le mieux adapté aux conditions de milieu des essais (microhétérogénéité importante) et aux objectifs poursuivis, ne permettra pas une estimation précise de la composante intra, les variations individuelles étant largement confondues aux variations de milieu. La sélection phénotypique de semenciers pour la phase suivante (essais comparatifs de provenances-descendances) sera donc largement inopérante sur des caractères quantitatifs d'hérédité moyenne à faible. Dans l'hypothèse d'une sélection combinée individu-famille il y aura lieu de ne pas donner trop d'importance à la composante individuelle.

Les descendances issues de plantation peuvent souffrir d'inbreeding à des degrés divers. Leur comparaison risque de n'avoir pas beaucoup de valeur, leurs performances dépendant alors plus du degré d'inbreeding que de leur vraie valeur.

Pour les mêmes raisons, la présélection des descendances qui seront testées durant la phase de comparaison des provenances devra être la moins intense possible : il faudra intégrer à cette phase le maximum de descendances possible, si besoin est en réduisant le nombre d'individus par descendance. Cette présélection ne peut se faire que sur la valeur phénotypique de la mère et sur celle des apparentés, qui peuvent être très largement affectées par un taux d'inbreeding important. A l'issue de cette phase, et en espérant que le taux d'inbreeding ait pu être largement diminué dans les conservatoires, on aura une assez bonne estimation du matériel disponible. L'électrophorèse isoenzymatique peut permettre une estimation du taux d'inbreeding.

Outre une première estimation de la variabilité génétique disponible, ces collections vont permettre d'étudier divers aspects de la biologie de ces rotins : croissance, développement, phénologie de la floraison, pollinisation... en relation éventuellement avec les facteurs variables du milieu (fertilité, éclaircissement, compétition...).

d. Schéma d'amélioration

Le schéma d'amélioration génétique prévu pour *C. caesius* est présenté dans un rapport de D. ALLOYSIUS (P.I.S.P REPORT No 1/93). Ce schéma de sélection récurrente prévoit la mise en place successive de tests de descendances transformables, par éclaircie sélective, en vergers dans lesquels seront récoltées les graines destinées à la constitution de la génération suivante. Les schémas de sélection qui seront adoptés pour les autres espèces seront a priori basés sur le même principe.

Le schéma proposé paraît cohérent et permet de travailler avec des objectifs clairs. Il semble cependant trop tôt pour le définir de façon plus précise. De nombreuses connaissances font encore défaut en matière de composantes de la variance, biologie florale, multiplication végétative etc...

e. Sortie variétale

La multiplication végétative à grande échelle est impossible actuellement et le restera probablement longtemps. Les plantations sont donc réalisées à partir de semis et il importe de produire le plus rapidement possible les quantités de graines nécessaires. Le schéma d'amélioration proposé ne pourra fournir les premières sorties qu'à l'issue du futur essai provenances-descendances réunissant les diverses origines collectées soit dans près de 10 ans.

Afin de disposer le plus rapidement possible de graines pour les plantations industrielles, il est proposé d'utiliser, quand cela est possible, les parcelles de collections comme peuplements grainiers. Seules les parcelles comparant les descendances issues de forêt naturelle doivent être utilisées. Les descendances issues de vieilles plantations sont probablement apparentées (un plant de *C. caesius* peut produire jusqu'à 12000 graines soit une quinzaine d'hectares de plantations) et il y a donc des risques de dépression consanguine.

Si les provenances naturelles récoltées et analysées dans les parcelles conservatoires ne présentent pas de différences qui ne puissent être expliquées par des variations de milieu, alors, toutes les provenances sans exclusive peuvent être utilisées en plantation. Il faudra veiller à conserver l'identité des origines et n'utiliser a priori qu'une seule provenance par parcelle. Ces plantations constitueront le premier test en vraie grandeur de la valeur des provenances.

L'éclaircie des parcelles conservatoires pour leur transformation en vergers doit être la plus légère possible. Elle devra conserver l'ensemble des descendances de façon à peu près équilibrée. En effet, les descendances naturelles ne sont pas suffisamment nombreuses (sauf peut-être pour *C. subinermis*) pour que l'on se permette d'en supprimer sans risque. Par ailleurs, l'éclaircie n'est probablement pas nécessaire pour favoriser la floraison.

D'une manière générale, toute parcelle dans laquelle les croisements se feront entre non apparentés est susceptible de fournir des graines pour le reboisement. A cet effet, des mélanges de provenances pourraient être mis en place afin d'obtenir des graines les plus hétérozygotes possibles.

f. Sexage

Les rotins utilisés en plantations sont des espèces dioïques. Le déterminisme sexuel et le sex ratio sont largement inconnus. Les premières observations montrent que la floraison apparaît vers l'âge de 4 ans. Le sex ratio, une femelle pour 3 à 6 mâles, est susceptible d'évoluer avec l'âge s'il existe une différence entre sexes quant à la précocité de floraison. Il n'existe par ailleurs encore aucun caractère sexuel secondaire précoce connu permettant le sexage des plants.

Environ 4 % des angiospermes sont dioïques. La dioécie est contrôlée par des chromosomes particuliers, les chromosomes sexuels. Le sexe mâle est, comme chez les animaux, généralement hétérogamétique (XY, par convention) alors que le sexe femelle est homogamétique (XX). Dans un certain nombre d'espèces, les chromosomes sexuels peuvent être distingués des autres chromosomes : ils sont plus petits, apparaissent plus hétérochromatiques au microscope et surtout ne constituent pas une vraie paire puisque morphologiquement différents. Malheureusement, chez d'autres espèces, ces chromosomes ne peuvent être formellement reconnus et il y a alors impossibilité de distinguer les mâles des femelles.

L'observation des chromosomes au stade métaphasique des diverses espèces de rotins doit être réalisée. Les résultats attendus, pour peu que ces chromosomes soient clairement visibles, sont : le comptage chromosomique et éventuellement la détermination du niveau de ploïdie (essentiel à l'énoncé des hypothèses génétiques nécessaires à l'analyse des essais), la détermination des chromosomes sexuels puis du sexe hétérogamétique. Un certain nombre de techniques sont disponibles dans la littérature (par exemple : Techniques de cytologie végétale, Joseph JAHIER ed. INRA, Collection Techniques et Pratiques). Le matériel disponible au laboratoire de Tawau doit être suffisant pour mener à bien de telles observations.

La détermination du sexe par des caractères sexuels secondaires n'a été l'objet que d'un nombre très limité d'études dans le règne végétal. La bibliographie sur le sujet est assez pauvre et peu optimiste. Les caractères de vigueur, très dépendants du milieu, ont été les plus étudiés mais ceci sans grand résultats si ce n'est quelques rares exceptions comme l'asperge. Il nous semble que la démarche à suivre soit la suivante :

- mesure d'un grand nombre de caractères sur tous les individus d'une population (une centaine) prise dès le stade semis et suivie jusqu'à la floraison ;
- recherche par différentes techniques mathématiques (analyses multivariées...) des caractères ou des faisceaux de caractères permettant un regroupement des individus en deux classes distinctes ;
- vérification a posteriori au moment de la floraison de la validité des regroupements obtenus.

Dans la mesure où la pêche à la ligne est la seule méthode possible, **tous les caractères végétatifs sont envisageables**, qu'ils soient quantitatifs (continus ou discrets) ou qualitatifs. Par exemple :

- en pépinière : diamètre au collet, diamètre des racines, angle des spires phyllotaxiques, longueur et largeur des palmes en notant leur ordre d'apparition, temps d'apparition des palmes, diamètre de la rosette, etc... ;
- au champ : diamètre du 3^{ième} (du x^{ième}) entre-noeud, longueur du y^{ième} entre-noeud, temps de formation d'un entre-noeud, longueur des palmes, des folioles, nombre de folioles, longueur des cirres, répartitions des différentes épines, etc...

Ce travail est bien sûr assez laborieux et risque d'aboutir à des résultats pas toujours très convaincants. Il est cependant nécessaire si l'observation des chromosomes se révèle trop difficile. La connaissance préalable du sexe est un enjeu important et constituera une percée significative du programme d'amélioration.

Ces caractères une fois définis, le généticien doit s'attacher à en étudier la variabilité. Il est bien évident que seuls les caractères présentant une forte variabilité génétique pourront être améliorés. L'estimation des composantes de la variance (additivité vs dominance d'une part, structuration inter vs intra provenance, descendance d'autre part) permettra alors de choisir les méthodes de sélection et d'amélioration les plus appropriées.

La croissance et le développement des rotins en plantation sont encore largement inconnus. Pour l'instant seules les premières phases de la croissance ont pu être correctement observées. Il convient donc de poursuivre et de compléter ces observations en s'attachant d'une part aux caractères économiquement importants et d'autre part aux caractères susceptibles de constituer des prédictors juvéniles de l'état adulte.

En conclusion, le programme amélioration génétique des rotins doit continuer à porter un effort particulier sur les points suivants :

- collecte de graines dans les aires naturelles ;
- définition des critères de sélection ;
- exploration des différentes voies de sortie variétale à court terme ;
- mise au point d'une technique de pollinisation contrôlée ;
- sexage précoce.

Le programme de travail du P.I.S.P tel qu'il est défini dans le "Plan of Opération" du "SMOU 2" prend bien en compte tous ces objectifs.

5.1.3. Sylviculture

A ce jour, environ 7000 hectares de rotins ont été mis en place par le LFC. La culture des rotins est quelque chose de relativement nouveau. Il importe donc de définir au mieux les conditions de culture optimisant la rentabilité et la durabilité du système. Différentes composantes du processus cultural ont fait, font ou feront l'objet de recherches : technique de production des plants, préparation des terrains et plantation, écartements, éclaircissement, récolte...

Comme pour l'amélioration génétique, il convient, pour mener à bien ces recherches, d'avoir une connaissance la plus complète possible de la biologie de la plante, de la graine à la récolte.

Il faut souligner ici l'importance des synergies entre connaissance sylvicole et connaissance génétique d'une plante. Le généticien doit posséder une connaissance solide du comportement de "sa" plante et des facteurs du milieu qui peuvent l'affecter.

a. Production de plants

D'assez nombreux essais ont été réalisés en pépinière et les techniques sont bien au point. Il est cependant toujours possible de réduire les coûts de production sans altérer la qualité des plants produits. Si cela apparaît nécessaire, Marc CHAUVIERE, qui a une grande expérience des pépinières industrielles, est parfaitement qualifié pour déterminer les facteurs sur lesquels il est possible de jouer et d'apporter les solutions qui conviennent.

b. Ouverture des terrains

"Les rotins sont des palmiers lianescents épineux qui ont besoin d'une végétation arborée haute alentour qui leur sert de tuteur tout en leur fournissant l'ombrage nécessaire" (NASI et MONTEUUIS, BFT no 232, 1992). Les plantations sont donc réalisées sur des layons est-ouest ouverts dans le massif forestier. Les premiers travaux du P.I.S.P ont conduits à un élargissement des layons (donc à une augmentation de l'éclairement) permettant ainsi une meilleure croissance initiale des plants. L'acquisition d'un appareillage de mesure de la quantité de lumière reçue permettra de préciser l'éclairement optimal à préconiser. Il faudra alors déterminer des règles simples d'ouverture du couvert en fonction de l'état initial de la parcelle et de son évolution prévisible.

c. Densité de plantation

Initialement à 200 (petites cannes) ou 400 (grosses cannes) plants par hectare, les densités de plantation sont maintenant respectivement de 600 et 800.

Contrairement aux arbres forestiers, la compétition inter-individu ne semble pas être l'élément déterminant, au moins à ce niveau de densité, pour juger des écartements de plantation. Au niveau du sol, donc des conditions d'alimentation en eau et en minéraux, les compétitions s'exercent probablement beaucoup plus avec les différentes espèces voisines qu'entre rotins. Cela est encore plus vrai en ce qui concerne l'accès à la lumière. Les rotins devraient ainsi s'accommoder de fortes densités de plantation.

Les facteurs à prendre en considération dans le choix de la densité sont multiples. Dans une première approche, et sans vouloir être exhaustif, on peut penser à :

- la compétition pour l'accès aux tuteurs : une surcharge pondérale peut occasionner des dégâts importants dans le couvert ;
- l'accessibilité pour les entretiens : la pénétration d'un peuplement de rotins "ne manque pas de piquant" ;
- les difficultés d'exploitation : un enchevêtrement trop grand des cannes peut conduire à des pertes importantes ;
- (au) coût d'ouverture : il est directement lié à l'écartement entre layons ;
- l'écartement minimum qu'il convient de conserver entre layons pour assurer un ombrage correct et des tuteurs en nombre suffisant.

d. Tables de production

L'établissement de tables de production fait l'objet du sous-programme MP1-2A. Elles constituent un outil tout à fait indispensable à l'aménagement du massif. Un réseau de placeaux permanents ou temporaires implantés dans différentes situations écologiques permet de recueillir les données nécessaires à l'établissement de ces tables. Ces placeaux permanents sont le lieu privilégié de l'étude de la dynamique de croissance et du processus de maturation des cannes. Les résultats attendus sont donc de plusieurs types :

- mesure des variables de production : accroissement courant, accroissement annuel moyen, âge d'exploitation... ;
- analyse des processus de croissance et de maturation, physiologie et écophysiologie.

Ces résultats permettront d'une part l'établissement d'un plan d'aménagement et, d'autre part, fourniront des connaissances de base nécessaires à la définition des objectifs du programme d'amélioration génétique.

Soulignons là encore la nécessaire collaboration entre le sylviculteur et l'améliorateur.

e. Techniques d'exploitation

Le type biologique des rotins en rend la récolte tout à fait originale par rapport à celle des arbres forestiers. La coupe et le débardage se font manuellement et ne posent a priori pas de problème particulier. Le facteur qui semble être décisif est celui de l'extraction de la canne de son support. Palmiers lianescents, les rotins grimpent dans le couvert arboré où ils s'enroulent et s'agrippent à l'aide de leurs organes d'ancrage. Chez un rotin adulte, dont la longueur peut dépasser une centaine de mètres, l'ancrage peut être si fort qu'il interdit l'exploitation d'une bonne partie de la canne. En peuplement dense, il est à craindre que les différentes cannes s'entremêlent et accroissent ainsi les difficultés d'exploitation. Leur masse peut par ailleurs concourir à une dégradation du couvert arboré.

Les courbes d'accroissement ne seront donc pas, et de loin, les seuls facteurs à prendre en considération pour déterminer l'âge optimal d'exploitation. Quelques uns des facteurs suivant seront à prendre en compte : croissance de la plante, évolution du pourcentage de canne mature, pourcentage de canne inaccessible, dangers d'exploitation pour les ouvriers, dégradation du couvert arboré, coût de replantation...

Le sous-programme MP1-2B du P.I.S.P a pour objet de déterminer les conditions optimales d'exploitation. Il se propose pour cela de réaliser des enquêtes auprès des différentes plantations existantes puis de procéder à des expérimentations en vraie grandeur.

5.1.4. Conclusions

La réalisation de plantations industrielles de rotins est récente et il n'existe que très peu de données permettant d'en optimiser la rentabilité. C'est ainsi que tous les aspects, du choix du matériel végétal, de la production de plants, de la plantation, de l'exploitation... doivent faire l'objet de travaux de recherche-développement. **C'est l'élément majeur de la coopération entre le CIRAD-Forêt et ICSB au sein du P.I.S.P.** Le programme de travail présenté dans le "Plan of Operation" du "SMOU 2" prend bien en considération la plupart de ces objectifs.

L'aspect développement et interface recherche-développement est mis en relief par l'affectation de M. CHAUVIERE. Son expérience des plantations industrielles, de la production de plants, de l'aménagement des massifs artificiels est un atout important du P.I.S.P dont il faut tirer partie au mieux. Ses multiples tâches liées à sa position de coleader du P.I.S.P ne lui permettent pas de faire profiter pleinement nos partenaires de son expérience. Il semble opportun de lui adjoindre un "Junior Forest Officer" qui le seconderait en sylviculture. D. ALLOYSIUS est, quant à lui, très occupé par le programme d'amélioration et de production de graines.

5.2 Les arbres

5.2.1. Essences de bois d'oeuvre

L'exploitation de la forêt naturelle constitue la source de revenus de ICSB. Afin de pérenniser cette ressource, mission a été donnée au LFC de réaliser des plantations de bois d'oeuvre de qualité dans la zone déjà exploitée la plus appauvrie. A ce jour, environ 700 hectares de plantation sont en place.

Du fait des risques d'érosion, seules des plantations en layons sont envisageables. A l'origine (1986-1987), l'unique espèce utilisée était *Swietenia macrophylla* plantée en layons est-ouest larges de deux mètres. De trop nombreuses attaques de borer (*Hypsipyla sp.*) ont remis en question cette option et les plantations de bois d'oeuvre ont été momentanément interrompues. Le P.I.S.P a eu pour tâche de sélectionner des espèces de substitution.

Des essais de comportements, en layon mais aussi en plein découvert (dans les rares endroits qui s'y prêtent), ont été mis en place. Ces essais concernent de nombreuses Méliacées des genres *Swietenia*, *Cedrela*, *Khaya* et *Toona*. Les résultats conduisent à distinguer deux groupes d'espèces sur la base de leur sensibilité au borer. Les plus sensibles sont *Swietenia macrophylla*, *S. mahogani*, *Cedrela angustifolia* et *Toona australis*. Les espèces les plus "résistantes", mais pour lesquelles des taux d'attaques supérieurs à 60 % sont relevés, sont *Khaya ivorensis* et *Cedrela odorata*. Les plants paraissent d'autant plus "sensibles" qu'ils sont en forte densité et à découvert. Les plantations en plein sont très largement attaquées.

Dans un deuxième temps, d'autres espèces ont été testées : *Pterocarpus indicus* (Légumineuse Papilionoideae), *P. macrocarpus*, *P. vindalianus*, *Araucaria cunninghamia* (Araucariaceae) et *Xylia xylocarpa* (Légumineuse Mimosoideae). Cette dernière espèce donne actuellement les meilleurs résultats : bonne croissance initiale et forme excellente.

Quelques autres espèces sont en cours d'évaluation, telles que *Terminalia superba* (Combretaceae) qui montre une croissance tout à fait normale en layon malgré le faible éclaircissement.

Des essais provenances-descendances préliminaires ont été mis en place pour les espèces actuellement les plus prometteuses : *Swietenia macrophylla*, *Pterocarpus spp.*, *Cedrela odorata*.

L'option qui a été prise de se concentrer sur les quelques espèces potentiellement les plus intéressantes ne doit pas, à notre avis, stopper la recherche d'espèces nouvelles. Les espèces de forêt dense capables de se comporter correctement en plantation et sur lesquelles il existe une certaine expérience ne sont pas très nombreuses. Il y a lieu d'en essayer le plus possible d'autant que les essais peuvent être réalisés à moindre coût en association avec les rotins (comme cela a déjà été proposé). La limite principale à l'introduction est la disponibilité en graines. Le laboratoire de graines du CIRAD-Forêt peut aider au choix des espèces et à l'approvisionnement en graines.

5.2.2. Essences à croissance rapide

Bien qu'il ne soit pas prévu d'installer des plantations d'essences à croissance rapide dans le cadre du LFC, ICSB, partenaire du CIRAD-Forêt au sein du P.I.S.P, est largement impliqué dans un projet de reboisement industriel de 60000 hectares (Sabah Softwood) et prévoit le démarrage d'un nouveau projet de même importance dans la région de Lahad Datu.

Les compétences et les infrastructures réunies au sein du P.I.S.P sont donc mises à profit d'une part pour produire des graines améliorées, d'autre part pour développer les méthodes et les outils nécessaires aux programmes d'amélioration de ces espèces.

a. Production de graines

Acacia spp. : *Acacia mangium* est l'espèce la plus utilisée en reboisement industriel à but papetier au Sabah. L'origine génétique des populations plantées est relativement étroite. Le P.I.S.P s'est donné pour mission d'introduire une large base génétique afin de produire des variétés améliorées. *Acacia mangium* est l'espèce numéro un du programme, c'est quasiment la seule actuellement utilisée à grande échelle. Outre *A. mangium*, les travaux concernent les espèces proches suivantes : *A. crassicarpa*, *A. auriculiformis* et *A. aulacocarpa*.

Le matériel végétal récolté dans les aires d'origine a été mis en place sous la forme d'essais provenances-descendances convertibles en vergers à graines. Un effort important a été réalisé dans ce domaine. A titre d'exemple la collection de *A. crassicarpa* comporte 62 descendances séparées en 6 provenances tandis que celle de *A. mangium* est constituée de 56 descendances en 7 provenances.

Une partie de ces essais a pu être visitée durant la mission. Les *Acacia mangium* présentent une bonne croissance et une forme excellente pour de nombreux individus. Dans les conditions climatiques qui prévalent au LFC, *A. mangium* ne présentent qu'assez rarement des doubles ou triples tiges. *A. crassicarpa* a une croissance correcte, apparemment inférieure cependant à celle d'*A. mangium* (il n'y a pas à proprement parlé d'essai comparatif d'espèces). Sa forme est par contre quasi systématiquement défectueuse et il est donc au total bien inférieur à ce dernier.

Les essais sont mis en place à la densité initiale de 1333 tiges par hectare. Le plateau unitaire est constitué par une ligne de cinq plants. Il y a de 3 à 6 répétitions selon les essais. Le processus de transformation de ces essais en verger à graines est le suivant :

- 1 an : mensurations puis éclaircie enlevant 3 arbres sur 5 ;
- 2 ans : mensurations puis éclaircie enlevant 1 arbre sur 2 ;
- 3 ou 4 ans : dernière éclaircie conduisant à une densité finale de l'ordre 150 tiges/ha.

Les deux premières éclaircies se font intra-famille et permettent de conserver l'ensemble des familles introduites. La troisième éclaircie se fait normalement sur la base d'un index combinant la valeur familiale et la valeur individuelle. En fait, la valeur familiale est estimée avec 3 à 6 individus à 3 ans et 6 à 12 individus à 2 ans, ce qui semble parfaitement insuffisant ou trop précoce. Les composantes inter et intra famille sont donc très mal estimées et **il apparaît préférable (et beaucoup plus facile) d'effectuer la dernière éclaircie sur la seule valeur phénotypique**. Les familles qui seraient très notablement inférieures aux autres seront éliminées d'elles mêmes. Afin de s'assurer de la validité de la méthode, le marquage sera réalisé puis on s'assurera, préalablement à l'éclaircie, qu'il préserve l'essentiel des familles de façon à peu près équilibrée.

Les dernières éclaircies devant être réalisées dans un proche avenir, il convient de décider rapidement des suites à donner au programme Acacia.

La poursuite d'un programme d'amélioration pour l'une ou l'autre des espèces suppose un investissement assez lourd en temps, en argent et, dans les conditions de Luasong, une immobilisation de terrains qui n'est pas sans poser quelques problèmes. La suite logique de ces essais est le testage des descendances issues des vergers. Ces tests de descendances permettront d'une part la réalisation d'éclaircies génétiques dans les vergers (améliorant la valeur moyenne des graines produites) et fourniront le matériel nécessaire à la réalisation du deuxième cycle d'amélioration. Le nombre de descendances open à tester est très important et une évaluation correcte de leurs performances dans des conditions de milieu très hétérogènes demande de nombreuses répétitions.

Si le seul souci du P.I.S.P est la fourniture d'un matériel végétal purgé de ses principaux défauts et pouvant à l'avenir servir de population de base à un programme d'amélioration, alors l'objectif peut être considéré comme atteint.

b. Multiplication végétative

Les méthodes de multiplication végétative à développer sur les *Acacia spp.* dépendent pour une large part des objectifs fixés pour le programme. Les objectifs possibles sont de plusieurs ordres.

Plantations clonales : de telles plantations supposent la sélection puis la multiplication conforme de géotypes performants. Le problème qui se pose est alors celui du rajeunissement des ortets adultes et du taux de multiplication. Les travaux conduits jusqu'à présent n'ont pas abouti à des résultats compatibles avec une utilisation en routine. Les techniques horticoles classiques peuvent être complétées par les techniques d'*in vitro*.

Mobilisation d'arbres + pour la mise en place de vergers à graines de clones : pour cela, il n'est nullement besoin et même peut-être préjudiciable d'obtenir du matériel rajeuni. La technique actuellement développée est celle du marcottage aérien. Le taux de réussite, de l'ordre de 20 à 25 %, est suffisant. Il ne semble pas utile de continuer des recherches dans cette voie.

Des études plus poussées sur le sujet pourraient être abordées dans le cadre d'un éventuel rapprochement avec la recherche-développement de Sahah Softwood Sdn Bhd.

d. Eucalyptus

Bien que les Eucalyptus n'entrent pas directement dans le cadre de la collaboration INNOPRISE-CIRAD-Forêt, les parcelles d'essais ont été visitées. Le travail essentiel consiste en la mise en place de vergers à graines d'*Eucalyptus pellita* dans le cadre d'un accord entre INNOPRISE et le CSIRO. Pour l'instant, ces parcelles ont pour seul but de générer des revenus par la vente de graines à l'extérieur.

La croissance de ces Eucalyptus est mauvaise, en tout cas bien inférieure à ce que l'on peut observer dans le cas de plantations intensives. Il ressort de très nombreux essais à travers le monde que les Eucalyptus sont extrêmement sensibles à la concurrence herbacée et à la qualité de préparation du sol. Leur sylviculture doit être très intensive pour leur assurer une croissance optimale. Ce n'est visiblement pas le cas au LFC où seuls des entretiens sur la ligne sont réalisés. La mauvaise croissance observée n'est pas une surprise.

Le choix des acacias pour la production de bois de trituration en Malaisie a en partie pour origine les mauvais résultats obtenus avec les Eucalyptus. Il semble que, outre les conditions de culture, le choix des origines testées ne soit pas optimal. Nous sommes convaincus, suite à l'expérience accumulée en zone tropicale humide, qu'il est possible de sélectionner des génotypes adaptés aux conditions du Sabah, même à basse altitude. Les expérimentations réalisées par Sabah Forest Industry donnent des résultats à notre sens assez encourageants.

5.3 Conclusions sur le P.I.S.P

La quantité et la qualité du travail réalisé dans le cadre du P.I.S.P sont le reflet de l'excellente collaboration entre INNOPRISE et le CIRAD-Forêt. Les personnes rencontrées ont toutes témoigné de leur volonté d'avancer et de l'intérêt qu'elles portent à cette coopération.

Les rotins constituent l'élément majeur du travail du P.I.S.P. C'est dans ce domaine que les avancées, en matière d'amélioration et de sylviculture, peuvent être à notre avis les plus significatives. Il y a là tout un champ de recherche encore peu ou pas exploré et une réelle opportunité pour que ICSB et le CIRAD-Forêt se positionnent en tant que leaders. Pour cela, il semble nécessaire de renforcer l'équipe locale par l'affectation d'un sylviculteur.

Le programme "arbres" connaît les mêmes résultats mitigés que partout ailleurs dans le Monde lorsqu'il s'agit de réaliser des plantations "bois d'oeuvre" en layon : borsers sur les méliacées, difficulté d'entretien, croissance initiale faible, palette d'espèces très restreinte etc... et il y a lieu de poursuivre l'effort d'introduction et de diversification en profitant du layonnage réalisé pour les rotins.

6. LE PLANT BIOTECHNOLOGY LABORATORY (P.B.Lab.)

Le P.B.Lab. est un outil au service des travaux d'amélioration conduits par la P.I.S.P. Ses travaux doivent donc s'inscrire dans les préoccupations du L.F.C. Son principal objectif est la multiplication végétative d'espèces rebelles à une multiplication horticole classique. Depuis peu, un programme d'analyse de la diversité génétique des rotins par électrophorèse enzymatique y est conduit.

6.1 Les rotins

Les travaux n'ont réellement débutés qu'en octobre 1992, soit un an avant la mission.

Calamus manan (ratan manau) est l'espèce phare du programme "in vitro" et représente environ 80 % du travail sur les rotins. Les autres espèces étudiées sont *C. merrillii* (ratan palassan) et dans une moindre mesure *C. subinermis* (ratan batu).

Le travail a débuté par l'introduction *in vitro*, sur milieu d'initiation riche en BAP, d'apex d'embryon décortiqué dans la graine.

Le repiquage dans un milieu dit d'expression, moins riche en BAP que le précédent, permet l'obtention de touffes de tigelles et leur élongation. Chaque touffe obtenue est susceptible de fournir 60 à 65 tigelles utilisables.

L'éclatement des touffes et le transfert des tigelles sur milieu d'enracinement permet l'obtention de jeunes plants racinés.

Cette technique, dont il convient de préciser certaines étapes (notamment le stade optimal de transfert sur milieu d'enracinement), n'est applicable actuellement qu'à des individus juvéniles. La multiplication végétative d'individus sélectionnés sur leurs caractères "adultes" ne peut donc être encore envisagée.

La multiplication des rotins monocaules par prélèvement de leur unique apex caulinaire conduit à la mort de l'individu sélectionné. Si l'introduction n'est pas réussie, il n'y a alors aucun moyen de récupération du génotype. Le P.B.Lab. envisage donc d'étudier d'autres voies d'introduction : pointes racinaires, apex inflorescentiels, folioles et autre matériel végétal. Ces voies conduisent à l'obtention de cals et à des possibles variations somaclonales. Elles seront donc longues à explorer et à confirmer.

La multiplication des espèces multicaules ne posent bien évidemment pas ce problème. La suppression d'un apex ne remet pas en question la vie du génotype concerné.

Les travaux futurs du P.B.Lab. sur les rotins vont s'attacher à préciser l'ensemble du processus décrit précédemment en affinant notamment la composition des milieux de culture.

Il semble opportun de transférer rapidement cette technique sur matériel tout venant adulte. Si la technique est suffisamment au point, c'est à dire permet la mobilisation et la multiplication d'un pourcentage suffisant de génotypes adultes (peut-être 50 %, voire moins), la multiplication d'individus supérieurs peut être envisagée. Des pertes sont acceptables dans la mesure où de nombreux génotypes peuvent être sélectionnés.

La multiplication végétative de rotins monocaules, avec un taux de multiplication supérieur à 1, ne peut être réalisée que par passage *in vitro*. Cette multiplication peut avoir plusieurs objectifs :

- plantations clonales : il s'agit alors de reproduire en de très nombreux exemplaires les meilleurs génotypes. Le coût d'obtention des plants *in vitro* sera probablement prohibitif sauf éventuellement si le passage *in vitro* peut être réduit aux phases d'introductions et d'expressions, l'enracinement se faisant en pépinière. La phase critique, qui risque de ne pouvoir être surmontée, est celle du repiquage en pépinière de tigelles fragiles non racinées ayant jusque là poussées en condition d'asepsie et en milieu très contrôlé.
- vergers à graines de clones : la propagation par graines semblent être la voie qui restera la plus économique. De réels progrès génétiques peuvent être réalisés par sélection clonale des parents des deux sexes. La mise en place de vergers à graines de clones, conduits en pollinisation libre, assistée ou contrôlée, nécessite la multiplication végétative des géniteurs. Le coût du passage *in vitro* et l'obtention de petites quantités de boutures sera alors largement compensé par le gain génétique réalisé.

Le programme *in vitro* rotins était conduit jusqu'à un passé récent par Jinil MALAJI. Ce chercheur a démissionné et le P.I.S.P a le plus grand mal à pourvoir à nouveau le poste laissé vacant. Ce poste est pourtant essentiel au fonctionnement du P.B.Lab. et à la valorisation des investissements déjà réalisés.

6.2 Les arbres

Parallèlement au programme rotins, le P.B.Lab. conduit des travaux de multiplication végétative de quelques essences forestières. Actuellement les recherches sont concentrées sur *Tectona grandis* et sur *Acacia mangium*.

Le choix du teck est basé sur l'intérêt majeur de cette espèce pour la production de bois d'oeuvre dans la zone intertropicale et plus particulièrement dans le Sud-Est Asiatique. La multiplication des individus adultes pose de nombreux problèmes de rajeunissement. Les techniques *in vitro* sont utilisées parallèlement aux techniques de pépinière. Le rajeunissement de génotypes sélectionnés puis leur bouturage et la réalisation de plantations clonales constituent un véritable défi pour la recherche forestière. La maîtrise de ces techniques constituera une véritable révolution dans la culture du Teck, identique à celle qui a été réalisée pour les Eucalyptus.

Les travaux sur le Teck ont débuté en janvier 1993. Deux voies sont en cours d'étude : microbouturage et culture de méristèmes. La phase d'introduction *in vitro* est partiellement maîtrisée. 10 % des microboutures introduites, issues d'arbres vieux de 4 ans et plus, survivent en s'allongeant. 90 % des méristèmes rentrés (ils font entre 100 et 200 microns) restent vivants. Les phases suivantes, élongation, foisonnement, microgreffage sur germination... sont en cours d'étude.

Les travaux sur *Acacia mangium* en sont au même stade. Les voies du microbouturage et de la culture d'apex donnent respectivement 30-40 % et 90 % de réussite à l'introduction à partir d'individus âgés de 3 à 12 ans. Le schéma suivi ultérieurement sera sensiblement identique à celui du Teck.

La multiplication végétative de rotins monocaules, avec un taux de multiplication supérieur à 1, ne peut être réalisée que par passage *in vitro*. Cette multiplication peut avoir plusieurs objectifs :

- plantations clonales : il s'agit alors de reproduire en de très nombreux exemplaires les meilleurs génotypes. Le coût d'obtention des plants *in vitro* sera probablement prohibitif sauf éventuellement si le passage *in vitro* peut être réduit aux phases d'introductions et d'expressions, l'enracinement se faisant en pépinière. La phase critique, qui risque de ne pouvoir être surmontée, est celle du repiquage en pépinière de tigelles fragiles non racinées ayant jusque là poussées en condition d'asepsie et en milieu très contrôlé.
- vergers à graines de clones : la propagation par graines semblent être la voie qui restera la plus économique. De réels progrès génétiques peuvent être réalisés par sélection clonale des parents des deux sexes. La mise en place de vergers à graines de clones, conduits en pollinisation libre, assistée ou contrôlée, nécessite la multiplication végétative des géniteurs. Le coût du passage *in vitro* et l'obtention de petites quantités de boutures sera alors largement compensé par le gain génétique réalisé.

Le programme *in vitro* rotins était conduit jusqu'à un passé récent par Jinil MALAJI. Ce chercheur a démissionné et le P.I.S.P. a le plus grand mal à pourvoir à nouveau le poste laissé vacant. Ce poste est pourtant essentiel au fonctionnement du P.B.Lab. et à la valorisation des investissements déjà réalisés.

6.2 Les arbres

Parallèlement au programme rotins, le P.B.Lab. conduit des travaux de multiplication végétative de quelques essences forestières. Actuellement les recherches sont concentrées sur *Tectona grandis* et sur *Acacia mangium*.

Le choix du teck est basé sur l'intérêt majeur de cette espèce pour la production de bois d'oeuvre dans la zone intertropicale et plus particulièrement dans le Sud-Est Asiatique. La multiplication des individus adultes pose de nombreux problèmes de rajeunissement. Les techniques *in vitro* sont utilisées parallèlement aux techniques de pépinière. Le rajeunissement de génotypes sélectionnés puis leur bouturage et la réalisation de plantations clonales constituent un véritable défi pour la recherche forestière. La maîtrise de ces techniques constituera une véritable révolution dans la culture du Teck, identique à celle qui a été réalisée pour les Eucalyptus.

Les travaux sur le Teck ont débuté en janvier 1993. Deux voies sont en cours d'étude : microbouturage et culture de méristèmes. La phase d'introduction *in vitro* est partiellement maîtrisée. 10 % des microboutures introduites, issues d'arbres vieux de 4 ans et plus, survivent en s'allongeant. 90 % des méristèmes rentrés (ils font entre 100 et 200 microns) restent vivants. Les phases suivantes, élongation, foisonnement, microgreffage sur germination... sont en cours d'étude.

Les travaux sur *Acacia mangium* en sont au même stade. Les voies du microbouturage et de la culture d'apex donnent respectivement 30-40 % et 90 % de réussite à l'introduction à partir d'individus âgés de 3 à 12 ans. Le schéma suivi ultérieurement sera sensiblement identique à celui du Teck.

La multiplication végétative de rotins monocaules, avec un taux de multiplication supérieur à 1, ne peut être réalisée que par passage *in vitro*. Cette multiplication peut avoir plusieurs objectifs :

- plantations clonales : il s'agit alors de reproduire en de très nombreux exemplaires les meilleurs génotypes. Le coût d'obtention des plants *in vitro* sera probablement prohibitif sauf éventuellement si le passage *in vitro* peut être réduit aux phases d'introductions et d'expressions, l'enracinement se faisant en pépinière. La phase critique, qui risque de ne pouvoir être surmontée, est celle du repiquage en pépinière de tigelles fragiles non racinées ayant jusque là poussées en condition d'asepsie et en milieu très contrôlé.
- vergers à graines de clones : la propagation par graines semblent être la voie qui restera la plus économique. De réels progrès génétiques peuvent être réalisés par sélection clonale des parents des deux sexes. La mise en place de vergers à graines de clones, conduits en pollinisation libre, assistée ou contrôlée, nécessite la multiplication végétative des géniteurs. Le coût du passage *in vitro* et l'obtention de petites quantités de boutures sera alors largement compensé par le gain génétique réalisé.

Le programme *in vitro* rotins était conduit jusqu'à un passé récent par Jinil MALAJI. Ce chercheur a démissionné et le P.I.S.P a le plus grand mal à pourvoir à nouveau le poste laissé vacant. Ce poste est pourtant essentiel au fonctionnement du P.B.Lab. et à la valorisation des investissements déjà réalisés.

6.2 Les arbres

Parallèlement au programme rotins, le P.B.Lab. conduit des travaux de multiplication végétative de quelques essences forestières. Actuellement les recherches sont concentrées sur *Tectona grandis* et sur *Acacia mangium*.

Le choix du teck est basé sur l'intérêt majeur de cette espèce pour la production de bois d'oeuvre dans la zone intertropicale et plus particulièrement dans le Sud-Est Asiatique. La multiplication des individus adultes pose de nombreux problèmes de rajeunissement. Les techniques *in vitro* sont utilisées parallèlement aux techniques de pépinière. Le rajeunissement de génotypes sélectionnés puis leur bouturage et la réalisation de plantations clonales constituent un véritable défi pour la recherche forestière. La maîtrise de ces techniques constituera une véritable révolution dans la culture du Teck, identique à celle qui a été réalisée pour les Eucalyptus.

Les travaux sur le Teck ont débuté en janvier 1993. Deux voies sont en cours d'étude : microbouturage et culture de méristèmes. La phase d'introduction *in vitro* est partiellement maîtrisée. 10 % des microboutures introduites, issues d'arbres vieux de 4 ans et plus, survivent en s'allongeant. 90 % des méristèmes rentrés (ils font entre 100 et 200 microns) restent vivants. Les phases suivantes, élongation, foisonnement, microgreffage sur germination... sont en cours d'étude.

Les travaux sur *Acacia mangium* en sont au même stade. Les voies du microbouturage et de la culture d'apex donnent respectivement 30-40 % et 90 % de réussite à l'introduction à partir d'individus âgés de 3 à 12 ans. Le schéma suivi ultérieurement sera sensiblement identique à celui du Teck.

6.3 Analyse de la variabilité génétique des rotins

Parallèlement aux dispositifs au champ permettant l'évaluation des performances agronomiques des génotypes collectés, une description de la variabilité génétique par électrophorèse enzymatique est effectuée. Ce travail est réalisé au sein du P.B.Lab. et profite donc de toute la structure mise en place. Il est conduit sous contrat C.C.E.(DG XI).

Les deux espèces de rotins actuellement en cours d'étude sont *Calamus manan* (manau) et *Calamus subinermis* (batu). Les techniques d'extraction, de migration et de révélation sont maintenant suffisamment au point et l'étude de la diversité a pu débuter.

L'analyse a été réalisée respectivement sur 78 et 59 individus (supposés) non apparentés de manau et de batu. Respectivement 8 et 9 systèmes enzymatiques et 13 et 16 loci sont révélés pour *C. manan* et *C. subinermis*. Environ 80 % des loci communs sont polymorphes et une première image de l'organisation de la variabilité génétique de ces espèces est obtenue.

Les premiers résultats ont fait l'objet du rapport final relatif au contrat B9/1/14-3048/10259 passé entre le CIRAD-Forêt et la CCE : "action de conservation de la biodiversité des rotins de Malaisie", novembre 1993.

Ce travail devrait être poursuivi, notamment au travers du projet "Conservation, genetic improvement and silviculture of Rattan species in South East Asia" soumis à la CCE dans le cadre du programme STD3.

7. DIVERS

Au cours de la mission, à l'initiative du P.I.S.P et avec toutes les facilités mise à notre disposition par ICSB, nous avons pu visiter le centre de recherche de Sabah Softwoods Sdn Bhd à Brumas puis celui de Sabah Forest Industry de Sipitang.

7.1 Sabah Softwoods Sdn Bhd

Nous avons été reçus par Mr Edward N.F. CHIA, Research Manager.

Initialement destiné à la plantation de pins (d'où le nom), Sabah Softwoods plante en fait actuellement environ 55 % d'*Acacia mangium*, 30 % de *Paraserianthes falcataria* et 15 % de *Gmelina arborea*. Toutes ces espèces sont destinées à la production de bois de trituration. 35 000 ha sont déjà en place. L'effort annuel de plantation est très variable. Pour la campagne 93-94 il est de 1 000 ha de nouvelles plantations et 2 000 ha de replantations.

D'assez nombreuses parcelles ont pu être visitées. Les faits importants qui ressortent sont les suivants :

- malgré l'absence de données chiffrées pour les essais, la croissance des différentes espèces semble bonne (pour les parcelles visitées !) ;
- il existe un programme d'amélioration génétique pour chacune de ces espèces, ces programmes peuvent être très largement et assez facilement intensifiés, tant du point de vue du choix du matériel, de la création de variétés et de la multiplication de ces dernières ;

- les essais sylvicoles n'ont pas été présentés; il y a peut-être là un champ de recherche extrêmement important à explorer ;
- les moyens humains chercheurs sont très réduits face au travail à réaliser cependant qu'il existe de réelles potentialités au sein de l'équipe (les techniques de pépinière, de bouturage, de greffage, de pollinisation contrôlée *Gmelina* ... semblent correctement maîtrisées).

Il apparait qu'un rapprochement entre le P.I.S.P et le centre de Brumas serait bénéfique aux deux parties. Les compétences de Marc CHAUVIERE en matière de Recherche et Développement pour des plantations industrielles d'essences à croissance rapide pourrait être largement valorisées. Les terrains de la concession de Sabah Softwoods pourraient permettre une évaluation en vraie grandeur des résultats obtenus par le P.I.S.P en matière d'*Acacia* (graines améliorées, techniques de multiplication ...).

7.2 Sabah Forest Industry (Sipitang)

Nous avons été reçus par MM. Alfred JINGULAM, Manager de la division Forest and Timbers, et Sim BOON LIANG, Manager Research and Development. Mr Khamis SELAMAT, responsable du programme Tree improvement and Sylviculture, nous a accompagné sur le terrain.

SFI est une société intégrée s'occupant d'exploitation, de transformation (essentiellement pâte à papier mais aussi déroulage et sciage) et de plantation. La concession est grande de 280 000 ha et la production annuelle est de l'ordre de 140 000 tonnes de pâte (environ 560 000 tonnes de bois).

Sur les 280 000 ha de la concession, 60 000 sont destinés à être plantés en essences à croissance rapide. 10 000 ha de plantations qui ont été réalisés depuis 1985. L'essentiel de la zone se situe aux alentours de 500 mètres d'altitude dans un relief très accidenté. L'espèce principale de plantation est, de très loin, *Acacia mangium*. C'est elle qui jusqu'à présent donne les meilleurs résultats.

Des essais d'introductions de diverses espèces d'*Acacia* et d'*Eucalyptus* ont été mis en place. Chaque essais et répété quatre fois à des altitudes différentes (jusqu'à 1000 m). Les meilleurs résultats sont obtenus par *A. mangium* et *A. crassicarpa* d'une part et par *E. grandis* et *E. urophylla* d'autre part. Les *Eucalyptus* sont généralement (sauf peut-être à 1000 m) bien inférieurs aux *Acacia*.

Les meilleurs essais provenances *Acacia mangium* et *A. crassicarpa* ont été transformés en parcelles grainières. Les individus laissés en place sont vraiment exceptionnels tant du point de vue de leur forme (monocauls, tiges très droites et parfaitement élaguées) que de leur croissance.

Les techniques sylvicoles mises en oeuvre pour les *Eucalyptus* semblent nettement insuffisantes. Nous avons constaté de graves défauts d'entretien qui, s'ils ne sont pas trop gênants sur *Acacia*, compromettent la réussite des *Eucalyptus*. D'autre part, nous sommes convaincus que le choix du matériel végétal testé n'est pas optimal. La réussite des bonnes provenances d'*E. urophylla* ou d'*E. pellita* dans des conditions au moins aussi chaudes et humides en Guyane nous invite à penser que le genre *Eucalyptus* peut s'adapter et présenter une très forte croissance dans les conditions écologiques du Sabah. Il serait intéressant de tester, dans des conditions de culture plus conformes aux besoins du genre, du matériel végétal sélectionné par le CIRAD-Forêt (meilleures provenances de *E. urophylla*, *E. pellita* et *E. grandis*, hybrides inter spécifiques). Des propositions en ce sens pourraient être faites à SFI après concertation avec ICSB. Marc CHAUVIERE serait à même de piloter l'opération.

8. CONCLUSION GENERALE

Le travail réalisé depuis fin 1989 est très important. Il justifie pleinement les efforts consentis par les deux parties, ICSB et CIRAD-Forêt, au sein du P.I.S.P.

Les grandes potentialités offertes par le Sabah en matière de développement forestier peuvent cependant conduire à trop disperser le travail de recherche : rotins, essences de bois d'oeuvre, Teck, *Acacia*, *Eucalyptus* etc... Sans mettre un frein à cet effort de diversification bien légitime il convient de conserver à l'esprit que les rotins constituent la base même de notre coopération. Le travail sur ces espèces doit être renforcé, principalement en matière de sylviculture.

A côté des rotins, quelques thèmes majeurs de recherche peuvent être abordés : multiplication du Teck, diversification des essences de bois d'oeuvre...

Des coopérations ponctuelles peuvent venir renforcer notre action au Sabah : mise en place d'essais avec SFI, Sabah Softwoods...